

38

POMIAR NAPIĘCIA POWIERZCHNIOWEGO

1. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

- Oddziaływania międzycząsteczkowe w cieczy;
- Granica ośrodków – menisk, włoskowatość, kapilary;
- Napięcie powierzchniowe – definicja, jednostka, przykłady występowania w życiu codziennym, metody pomiaru;

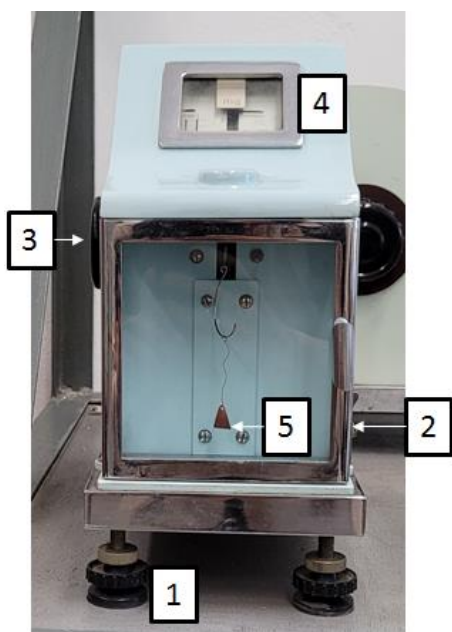
2. POMIARY

(prowadzący wskaże co najmniej dwie metody pomiaru, które należy wykonać na zajęciach)

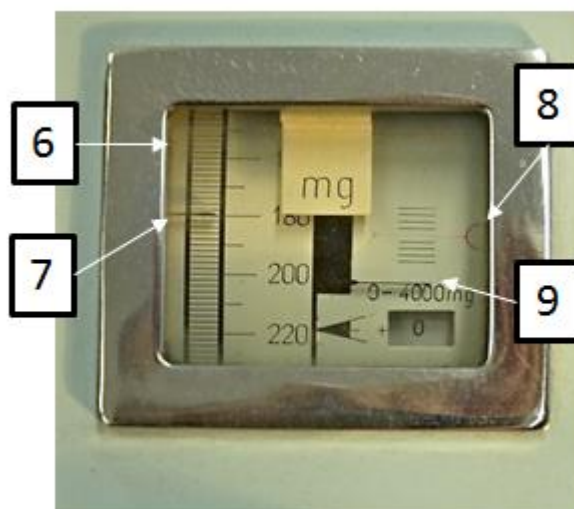
I) Metoda odrywania

Rys. 1 przedstawia układ pomiarowy – wagę torsyjną. Zasada jej działania polega na równoważeniu momentu siły, wywołanego przez obciążenie szalki ważoną masą, momentem siły spowodowanym skręceniem sprężyny.

a)



b)



Rys. 1. a) Stanowisko pomiarowe z wagą torsyjną: 1 – śruby poziomujące, 2 – aretaż (po prawej stronie), 3 – pokrętko powodujące ruch skali (6) na rys. 1b, 4 – okienko ze skalą i wskaźnikiem równowagi, 5 – płytka pomiarowa. b) Okienko na wadze torsyjnej z: 6 – ruchomą skalą w jednostkach masy [mg], 7 – wskazówką, 8 – wskaźnikiem równowagowym, 9 – ruchomą wskazówką.

- 1) Zdjąć płytkę pomiarową (5) umieszczoną na haczyku wagi torsyjnej, osuszyć, zmierzyć 3–krotnie jej grubość d za pomocą śruby mikrometrycznej oraz długość podstawy l za pomocą suwmiarki i ponownie ją zawiesić.

- 2) Odaretować wagę przestawiając prawe dolne pokrętko wagi (2) w pozycję „o” i zważyć płytkę. W tym celu należy obracać pokrętkiem (3). Jest on sprzężony z bębniem, na którym naniesiona jest podziałka (Rys. 1b), wyskalowana w jednostkach masy [mg]. W momencie, kiedy ruchoma wskazówka (9) ustawi się na czerwonej linii w pozycji „O” na wskaźniku równowagi (8), należy odczytać na podziałce (6) wartość.

$$1[mg] = 9,807 \cdot 10^{-6} [N]$$

- 3) Przy zaaretowanej wadze podstawić pod płytkę naczynko wypełnione wodą destylowaną napełnionego do poziomu, przy którym dolna krawędź płytki niemal dotyka powierzchni cieczy.
- 4) Wykonać pomiar siły potrzebnej do oderwania płytki od cieczy. W tym celu odaretować wagę i doprowadzić do zanurzenia dolnej części płytki w cieczy. Następnie kręcić powoli pokrętkiem (3) do momentu oderwania płytki od badanej cieczy. Na ruchomej skali odczytać maksymalną siłę F w jednostkach [mg], działającą w momencie odrywania się płytki od wody. Pomiar wartości siły F wykonać **10 razy**. Zaaretować wagę.
- 5) Pomiary, opisane w punktach 3– 5, powtórzyć dla **alkoholu i acetonu**.

II) Metoda stalagmometru

- 1) Wymyte i osuszone naczynko zważyć na wadze.
- 2) Sprawdzić drożność kapilary, zmierzyć jej zewnętrzny promień R .
- 3) Napełnić naczynko **30 kroplami wody destylowanej** odmierzonymi z kapilary i zważyć układ na wadze.
- 4) Ponownie umyć i osuszyć naczynko. Pomiar opisany w punkcie 3 powtórzyć **3– krotnie**.
- 5) Zanotować wartość temperatury otoczenia, która będzie odpowiadać temperaturze badanej cieczy.
- 6) Pomiary, opisane w punktach 3– 4, powtórzyć dla **alkoholu i acetonu**.

III) Metoda pierścieniowa (du Noüy’ego)

Do pomiaru napięcia powierzchniowego metodą pierścieniową (du Noüy’ego) stosuje się **dynamometr obrotowy** z zawieszonym pierścieniem pomiarowym, widoczny na rys.2. Pierścień, przymocowany nicią do ramienia urządzenia, zanurza się w cieczy umieszczonej w **krystalizatorze**. Podgrzewanie cieczy możliwe jest dzięki **mieszadłu magnetycznemu** z funkcją grzania i kontroli temperatury. Układ wyposażony jest również w **drugi krystalizator** (ustawiony niżej), który odbiera ciecz odpływającą przez **szklaną rurkę** połączoną **gumowym węzłem**. System umożliwia precyzyjne obniżanie poziomu cieczy bez zakłócania jej powierzchni, co pozwala dokładnie wyznaczyć moment oderwania pierścienia.



Rys. 2. Układ pomiarowy do pomiaru napięcia powierzchniowego metodą pierścieniową z dynamometrem obrotowym i mieszadłem magnetycznym.

Zadanie 1. Pomiary w temperaturze pokojowej

1. Zważ pierścień na wadze i zapisz jego masę.
2. Wlej **wodę destylowaną** do połowy krystalizatora i umieść naczynie na mieszadle magnetycznym.
3. Włącz urządzenie (przycisk po prawej stronie  powinien zaświecić się na zielono).
4. Zanotuj temperaturę początkową – widoczna jest na wyświetlaczu obok napisu „temp”.
5. Zanurz zamontowany na nici pierścień pomiarowy (średnica wewnętrzna: 18 mm, średnica zewnętrzna: 20 mm) całkowicie w wodzie.
6. Uruchom przepływ wody do drugiego krystalizatora.
 - a) Podnieś szklaną rurkę tak, aby jej koniec nie był zanurzony w wodzie w krystalizatorze na mieszadle magnetycznym (układu nie zmieniamy).
 - b) Załóż czystą i suchą gruszkę typu FLIP na szklaną rurkę na drugim końcu układu, delikatnie nasuwając ją ruchem obrotowym.
 - c) Ściśnij gruszkę, aby wypuścić z niej powietrze.
 - d) Trzymając gruszkę ściśniętą, zanurz końcówkę rurki ponownie w wodzie.
 - e) Zwolnij uścisk — podciśnienie zassie wodę do rurki.
 - f) Gdy w rurce pojawi się woda, zdejmij gruszkę szybkim, ale kontrolowanym ruchem. Pozwól wodzie swobodnie przepływać do drugiego krystalizatora.
7. Obserwując dynamometr obrotowy, **obracając powoli szare pokrętło** (środek tarczy) zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Utrzymuj ramię, na którym zawieszony jest pierścień, w obszarze pomiarowym (między zaznaczonymi czarnymi liniami).

8. Gdy pierścień oderwie się od powierzchni, odczytaj siłę (w mN) wskazywaną przez dynamometr i zapisz wynik.
9. Ostrożnie przelej wodę do krystalizatora znajdującego się na mieszadle magnetycznym.
10. **Powtórz pomiar jeszcze dwukrotnie** dla tej samej temperatury, w celu uśrednienia wyniku.

Zadanie 2. Pomiary podczas grzania

1. Jeśli urządzenie wyłączyło się (białe światło), włącz je ponownie.
2. Przekręć **lewe pokrętło** zgodnie z ruchem wskazówek zegara, ustawiając temperaturę **30 °C**. Na wyświetlaczu w lewym górnym rogu powinien pojawić się napis „set temp”.
3. Naciśnij pokrętło, aby aktywować funkcję grzania – pierścień wokół gałki powinien zaświecić się na pomarańczowo, a na lewym ekranie powinien pojawić się symbol  (Rys.3).



Rys. 3. Panel sterowania urządzenia z włączoną funkcją ogrzewania.

4. Gdy ciecz osiągnie zadaną temperaturę, **naciśnij gałkę ponownie** (bez przekręcania), aby wyłączyć grzanie. Dioda wokół gałki zacznie migać, a na ekranie będzie wyświetlana aktualna temperatura. Zanotuj temperaturę na karcie pomiarowej.
5. Zanurz całkowicie pierścienie pomiarowy w wodzie.
6. Uruchom przepływ wody do drugiego krystalizatora (instrukcja w zadaniu 1)
7. Obserwując dynamometr obrotowy, **obracając powoli szare pokrętło** (środek tarczy), zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Utrzymuj ramię w obszarze pomiarowym (między zaznaczonymi czarnymi liniami).
8. Gdy pierścień oderwie się od powierzchni, odczytaj siłę (w mN) wskazywaną przez dynamometr i zapisz wynik.
9. Przelej ostrożnie wodę do krystalizatora, który znajduje się na mieszadle magnetycznym.
10. Powtórz pomiary dla temperatur od **35 °C do 60 °C (co 5 °C)**. **Nie przekraczaj 70 °C.**

UWAGA: Podczas pracy z gorącą cieczą używaj rękawic ochronnych, aby uniknąć oparzeń.

3. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

I) Metoda odrywania

- 1) Dla każdej z badanych cieczy oblicz średnią arytmetyczną wartości siły odrywającej płytkę $\bar{F}$ od cieczy oraz jej niepewność standardową $u(F)$.
- 2) Obliczyć średnią długość płytki $\bar{l}$ i jej grubość $\bar{d}$ oraz odpowiadające im niepewności standardowe $u(l)$ i $u(d)$.
- 3) Obliczyć wartość napięcia powierzchniowego σ każdej cieczy oraz jego złożoną niepewność standardową $u_c(\sigma)$.
- 4) Otrzymane wyniki porównaj z danymi tablicowymi.

II) Metoda stalagmometru

- 1) Obliczyć względne napięcie powierzchniowe σ_{wzgl} alkoholu i acetonu.
- 2) Rachunek niepewności obliczonej wartości σ_{wzgl} opieramy na niepewności maksymalnej. Najpierw obliczamy niepewności maksymalne Δx_k wszystkich wielkości mierzonych bezpośrednio (patrz: Instrukcja ONP, rozdz. 4.2.), a następnie obliczamy niepewność maksymalną $\Delta \sigma_{wzgl}$ korzystając z prawa przenoszenia niepewności maksymalnych.

III) Metoda pierścieniowa (du Noüy'ego)

- 1) Dla każdej temperatury oblicz średnią arytmetyczną wartości siły odrywającej pierścien F_{sr} od cieczy oraz jej niepewność standardową $u(F)$.
- 2) Oblicz wartość napięcia powierzchniowego σ dla każdej temperatury cieczy. Pamiętaj o uwzględnieniu siły ciężkości pierścienia oraz stałą korekcyjną ($k = 0,725$).
- 3) Narysuj wykres zależności napięcia powierzchniowego od temperatury ($\sigma = f(T)$). Zaznacz niepewności pomiarowe, tzw. krzyże pomiarowe, na wykresie.
- 4) Przeanalizuj otrzymany wykres oraz wartości napięcia powierzchniowego. Porównaj je z literaturą.

4. LITERATURA

- H. Szydłowski – „Pracownia fizyczna” PWN Warszawa 1999
- Sz. Szczeniowski – „Fizyka doświadczalna” tom IV, PWN, Warszawa 1967
- D. Halliday, R. Resnick, – „Fizyka tom II” PWN Warszawa 1989 (i nowe wydania)